

$\sigma_x^+/\sigma_z^-$	— прочность при растяжении по отношению к прочности при сжатии;
$\sigma_x/\sigma_{xz}$	— прочность по нормальным напряжениям по отношению к прочности по касательным напряжениям;
$E_x/E_z$	— модуль упругости при сжатии вдоль волокон по отношению к модулю упругости при сжатии поперек волокон;
$E_x/\sigma_{xz}$	— модуль упругости при сжатии вдоль волокон по отношению к модулю упругости межслойного сдвига.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белянкин Ф. П., Яценко В. Ф. Деформативность и сопротивляемость древесины как упруго-вязкого пластического тела.— Киев, 1957.
2. Перехожих И. В., Аккерман А. С. Способ получения целнопресованной древесины повышенной стабильности.— В сб.: Древесные плиты и пластики.— Свердловск, 1973, вып. 30.
3. Методы физико-механических испытаний модифицированной древесины.— М., 1973.
4. Митропольский А. К. Элементы математической статистики. Л., 1969.
5. Тарнопольский Ю. М., Розе А. В. Особенности расчета деталей из армированных пластиков.— Рига, 1969.

УДК 674.8-41.047

**И. А. ВАХРУШЕВА, Ю. М. ЗЕЛЬДИН**  
(Уральский лесотехнический институт)

### ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПЛАСТИКОВ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ЧАСТИЦ ХВОЙНЫХ ПОРОД БЕЗ ДОБАВЛЕНИЯ СВЯЗУЮЩИХ

В проблемной лаборатории УЛТИ в течение ряда лет исследовалась сорбционная способность пластиков без добавления связующих.

В настоящей работе, используя результаты ранее проведенных опытов и вновь полученные данные по сорбции паров воды пластиками после эксплуатации их в течение 6—10 лет в качестве чистого пола, и этих же пластиков, хранившихся в отапливаемом помещении, делается попытка их интерпретации. Для этой цели рассматривается сорбционная способность различных видов пластиков, изготовленных только из древесных частиц хвойных пород (сосна, лиственница, ель). Для сравнения приведены изотермы сорбции исходной свежесрубленной древесины, после высокотемпературной сушки, а также эксплуатируемой в течение 7 лет в качестве чистого пола.

Определение сорбционной способности всех видов исследованных материалов проводилось по одной и той же методике, которая изложена в работе [1].

Основные результаты рассматриваемой работы приведены в табл. 1, 2, 3.

Таблица 1

**Сорбция паров воды древесиной лиственницы и пластиками  
из лиственничных опилок**

Материал	Относительная влажность воздуха, %					
	5	20	40	60	80	92
Древесина свежесрубленная	$\frac{2,1}{4,1}$	$\frac{4,8}{6,7}$	$\frac{7,4}{9,7}$	$\frac{9,9}{12,4}$	$\frac{14,4}{16,5}$	24,5
Пластики после кондиционирования и сушки	$\frac{2,0}{3,8}$	$\frac{4,5}{6,4}$	$\frac{6,9}{9,0}$	$\frac{9,3}{11,5}$	$\frac{13,1}{15,0}$	23,0
Пластики после кондиционирования в комнатных условиях	$\frac{3,6}{3,7}$	$\frac{6,4}{6,6}$	$\frac{8,7}{9,2}$	$\frac{11,2}{11,3}$	$\frac{14,5}{15,7}$	23,0
Пластики после многократного изменения $\varphi$	2,7	5,4	7,2	9,2	12,0	20,8
Пластики после 10 лет эксплуатации	$\frac{3,0}{5,0}$	$\frac{3,0}{5,0}$	$\frac{5,5}{7,6}$	$\frac{8,4}{9,2}$	$\frac{12,2}{13,7}$	21,2

Примечание. В знаменателе данной и следующих таблиц указана величина десорбции паров воды материалами.

Для цельной древесины повторением нескольких циклов «сорбция — десорбция» можно получить репродуцируемые изотермы сорбции. Эта закономерность сохраняется и для пластиков.

Изотермы сорбции паров воды ЛУДП так же, как и древесины, имеют характерную кривую S-образной формы с петлей гистерезиса и отличаются только количеством сорбированной воды. Поэтому процесс сорбции паров воды пластиками можно интерпретировать аналогично процессу сорбции древесиной. По аналогии с древесиной [2] изотерму сорбции пластиков можно разделить на 3 части. При изменении величины  $\varphi$  от 0 до 20% изотерма идет круто вверх, затем — от 20 до 60% — более пологий интервал изотермы, а от 60% и до точки насыщения крутизна ее увеличивается.

На сорбцию в первом интервале ( $\varphi=0-20\%$ ) влияет, главным образом, химическое строение отдельных компонентов древесины

и связи между ними. Эта часть изотермы отражает процесс связывания водородными связями молекул воды с существующими в древесине сорбционными центрами (гидроксильными, ацетильными

Таблица 2

## Сорбция паров воды древесиной сосны и пластиками из сосновых опилок

Материал	Относительная влажность воздуха $\phi$ , %					
	5	20	40	60	80	92
Древесина свежесрубленная	$\frac{2,3}{3,7}$	$\frac{4,5}{6,5}$	$\frac{7,0}{9,1}$	$\frac{9,6}{11,8}$	$\frac{13,7}{15,9}$	22,8
Древесина (неокрашенная) после 7 лет эксплуатации, нижний слой	—	$\frac{3,6}{5,6}$	$\frac{6,8}{7,4}$	$\frac{9,9}{9,9}$	$\frac{13,6}{15,1}$	22,7
Древесина (окрашенная) после 7 лет эксплуатации, верхний слой	—	$\frac{3,3}{5,1}$	$\frac{5,8}{7,4}$	$\frac{9,4}{10,6}$	$\frac{13,5}{13,8}$	20,4
Древесина после высокотемпературной сушки (5)	0,9	3,2	5,7	8,3	12,0	15,9
Пластики после кондиционирования в комнатных условиях	$\frac{3,0}{3,9}$	$\frac{5,4}{5,7}$	$\frac{7,8}{8,1}$	$\frac{10,3}{10,5}$	$\frac{12,9}{14,4}$	19,6
Пластики после многократного изменения $\phi$	2,6	4,9	6,3	8,2	11,2	19,0
Пластики после кондиционирования в камерах	—	$\frac{3,3}{4,5}$	$\frac{5,4}{7,4}$	$\frac{7,3}{10,3}$	$\frac{10,7}{13,7}$	17,2

ми и карбоксильными группами) [2]. В описываемых опытах сорбция паров воды цельной древесиной и пластиками в этом интервале исследовалась в 2-х точках при  $\phi=5$  и 20%. Из данных, представленных в табл. 1 и 2, следует, что на процессы сорбции и десорбции в этих случаях существенное влияние оказывает предыстория образцов, т. е. параметры кондиционирования или сушки (температура и продолжительность), а также срок эксплуатации материала в покрытиях полов.

Пластики, прошедшие кондиционирование в комнатных условиях, поглощают влаги больше, чем исходная древесина той же породы, из древесных частиц которой они изготовлены.

Изменение сорбционной способности пластиков в рассматриваемом интервале изменения  $\phi$  доказывает, что в исходном сырье при прессовании происходят химические превращения компонентов клеточных стенок древесины, приводящие к получению материала с новыми свойствами.

Увеличение поглощения пластиками, по сравнению с исходной древесиной, можно объяснить изменениями, происходящими в химическом составе древесных частиц при получении пластиков без

Таблица 3

## Сорбция паров воды пластиками из еловых лесосечных отходов

Материал	Относительная влажность воздуха ф, %				
	20	40	60	80	92
Пластики, облицованные лиственничным шпоном, отделанные лаком, после 6 лет эксплуатации (со склада)	$\frac{2,7}{5,0}$	$\frac{4,8}{7,2}$	$\frac{8,0}{10,2}$	$\frac{11,1}{14,9}$	18,8
То же, после эксплуатации	$\frac{2,6}{5,2}$	$\frac{5,0}{7,6}$	$\frac{8,0}{10,3}$	$\frac{12,5}{13,7}$	21,5
Пластики необлицованные, отделанные лаком, после 7 лет эксплуатации	$\frac{3,2}{5,3}$	$\frac{5,4}{7,1}$	$\frac{7,1}{9,4}$	$\frac{10,6}{12,6}$	22,6

добавления связующих. Наибольшим химическим изменениям подвергается углеводная часть древесины. При воздействии тепла на влажный пресс-материал происходит гидролиз полисахаридов, который сводится к разрыву ацетильных связей, присоединению воды в местах разрыва и сопровождается увеличением количества водозэкстрактивных, осаждаемых спиртом, редуцирующих веществ, уменьшением количества легкогидролизуемых и пентозанов. Часть полисахаридов гидролизуются до моносахаров, так как в водной вытяжке из пластиков появляются арабиноза, галактоза, манноза, глюкоза и ксилоза [3].

Уменьшение количества легкогидролизуемых и пентозанов, как наиболее гидрофильных компонентов древесины, казалось бы, должно привести к уменьшению поглощения. Однако, надо иметь в виду, что продукты гидролиза остаются в готовом материале, содержат большое количество полярных групп и, следовательно, будут увеличивать количество легкодоступных сорбционных центров.

При исследовании изменений, происходящих в лигнине, также обнаружено увеличение общих гидроксильных и карбоксильных групп [4], что ведет к увеличению сорбционных центров. Безусловно, большая часть продуктов гидролиза участвует в процессах поликонденсации, приводящих к образованию прочного и

водостойкого пластика, но общее количество сорбционных центров в пластиках, по сравнению с исходной древесиной, увеличивается. Причем в древесине лиственницы и пластиках на ее основе сорбционных центров больше, чем у сосны и соответствующих пластиков, так как лиственница содержит больше арабогалактана.

Известно, что повышенная температура, продолжительность ее воздействия, а также длительная выдержка древесины уменьшает ее гигроскопичность [5]. Это подтверждается и результатами наших опытов. Так, если свежесрубленная древесина сосны при  $\varphi=20\%$  поглощает 4,6%, то после эксплуатации в течение 7 лет поглощение снижается до 3,6%, а после высокотемпературной сушки еще снижается до 3,2%. То же наблюдается и у пластиков: пластики из древесных частиц сосны после кондиционирования в комнатных условиях при  $\varphi=5\%$  поглощают 3,0%, при  $\varphi=20\%$  — 4,9%, после нескольких циклов «сорбция — десорбция» — 2,6%; при  $\varphi=20\%$  — 4,9%; после кондиционирования в камерах при  $t=40^\circ\text{C}$ ,  $\varphi=20\%$  поглощают 3,3%.

Следовательно, пластики после кондиционирования в камерах имеют поглощение на уровне древесины, подвергавшейся высокотемпературной сушке.

В работе [6] высказывается предположение, что уменьшение гигроскопичности древесины с ростом температуры сушки происходит за счет возникновения дополнительных водородных или валентных связей между молекулами углеводов, а также эфирных — между молекулами целлюлозы. Вероятно, подобные же процессы происходят и в пластиках.

Во втором интервале изменения  $\varphi$  (от 20 до 60%) на количество равновесно сорбированной влаги оказывает влияние субмикроскопическое строение древесины и существование межмолекулярного взаимодействия между макромолекулами компонентов клеточных стенок, ограничивающего растворимость воды в них [2].

В этом интервале поглощение определялось также в 2-х точках  $\varphi=40$  и 60%. Отмеченные выше закономерности сохраняются и при этих условиях. Однако разница между поглощением древесиной (7,0%) и пластиками (7,8%), кондиционированными в комнатных условиях, несколько меньше ( $\varphi=40\%$ ). С ужесточением условий обработки поглощение как древесиной, так и пластиками снижается. Так, например, при  $\varphi=40\%$  поглощение древесиной сосны после высокотемпературной сушки снижается до 5,7%, а пластиков из древесных частиц сосны, после кондиционирования в камере — до 5,3%, т. е. поглощение пластиками при этих условиях становится ниже, чем исходной древесиной и даже древесиной после высокотемпературной сушки. Чем выше  $\varphi$ , тем меньше разница в количестве сорбированной влаги между цельной древесиной и пластиками, а при  $\varphi=60$  и 80% пластики после конди-

ционирования в камерах поглощают даже меньше, чем древесина после высокотемпературной сушки. Эти выводы представляют практический интерес с двух точек зрения: во-первых, подтверждают правильность включения в технологический процесс промышленного производства пластиков операции кондиционирования в камерах и, во-вторых, пластики, изготовленные по этой технологии, будут в условиях эксплуатации более влагостойкими, чем исходная древесина даже после высокотемпературной сушки, так как относительная влажность воздуха в отопляемых помещениях в течение года меняется (примерно) в пределах от 40 до 80%.

Изучение надмолекулярной структуры древесины, а именно она определяет поглощение в рассматриваемом интервале, представляет значительные трудности. Поэтому мы не располагаем достаточными данными, чтобы судить о характере изменений надмолекулярной структуры компонентов древесины при прессовании пластиков без добавления связующего, но что изменения происходят, свидетельствуют следующие данные. Рентгенографически установлено [7], что степень кристалличности целлюлозы при прессовании древесных частиц уменьшается, т. е. часть целлюлозы переходит в аморфное состояние и становится доступной для проникновения воды; следовательно, дополнительное число гидрофилов увеличивает количество сорбционных центров.

При изучении ИК-спектров целлюлозы, выделенной из пластиков, было высказано предположение, что при прессовании происходят конформационные перестройки макромолекул целлюлозы [8].

Принимая во внимание факт изменения сорбционной способности пластиков по сравнению с исходной древесиной и приведенные выше данные, можно с большой степенью вероятности утверждать, что при получении пластиков из древесных частиц без добавления связующего происходят изменения не только в химическом строении компонентов древесины, но и в надмолекулярном строении их. Поскольку поглощение пластиков после прессования несколько больше, чем исходной древесины, следовательно, эти изменения способствуют увеличению сорбционных центров, однако в меньшей степени, чем изменения в химическом составе.

В третьем интервале (т. е. при  $\phi$  выше 60%) «несомненную роль играет капиллярная конденсация, величина которой определяется объемом субмикроскопических капилляров, образующихся при набухании» [6]. В этой же работе указывается (с. 249), что с увеличением плотности клеточных стенок точка насыщения снижается и при плотности, близкой к плотности древесного вещества, составляет 16%.

При исследованных в этом интервале условиях поглощение исходной древесины становится больше, чем у пластиков (табл. 1, 2).

Так, исходная древесина сосны при  $\varphi=80\%$  поглощает 13,7%, а пластик после кондиционирования в комнатных условиях — 12,9%.

Чем жестче условия обработки древесины и пластиков, тем ниже их поглощение в соответствующих условиях. Даже у древесины, подвергавшейся высокотемпературной сушке, поглощение больше (12%), чем у пластиков после многократного изменения  $\varphi$  (11,2%) и кондиционирования в камере (10,7%). Такая же закономерность проявляется при  $\varphi=92\%$ . Исключение составляет поглощение древесиной после высокотемпературной сушки (15,9%).

Меньшее поглощение пластиками в этом интервале относительной влажности воздуха можно объяснить уменьшением размеров субмикроскопических капилляров в стенке клетки при пресовании пластиков. Предполагается также, что возникающие при сорбции и набухании напряжения тоже ограничивают количество поглощаемой в этом интервале влаги [6].

При сравнении пластиков одного вида (табл. 3), хранившихся 6 лет на складе и бывших тот же срок в эксплуатации в качестве чистого пола, видно, что сорбционная способность их при изменении от 20 до 80% остается одинаковой. Следовательно, придерживаясь изложенной ранее теории, можно заключить, что как при хранении на складе, так и при эксплуатации значительных изменений в молекулярном строении и надмолекулярной структуре не происходит. При  $\varphi=92\%$  количество сорбционной воды у пластиков, хранившихся на складе, меньше (18,8%), чем у пластиков, находившихся в эксплуатации (21,5%), т. е. количество капиллярно-конденсированной воды у пластиков в последнем случае больше, что, вероятно, объясняется некоторым разрыхлением макроструктуры пластиков в процессе эксплуатации.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что изотермы сорбции паров воды ЛУДП, так же как и древесиной, имеют характерную кривую S-образной формы с петлей гистерезиса, но отличаются количеством сорбированной воды. Интерпретация изотермы сорбции ЛУДП позволяет предположить, что в процессе получения пластиков из древесных частиц, происходят изменения в химическом строении, надмолекулярной структуре и микростроении древесного вещества. Эти изменения обуславливают получение материала на основе древесины, но обладающего принципиально новыми свойствами.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бояркина Р. А., Вахрушева И. А., Аккерман А. С. Исследование устойчивой влажности лигноуглеводных древесных пластиков.— В сб.: Ассортимент и качество промышленных товаров.— Свердловск, 1976.
2. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения.— М., 1975.
3. Плитные материалы и изделия из древесины и других одревесневших

растительных остатков без добавления связующих. Под ред. проф. Петри В. Н.— М., 1976.

4. Луговых Ю. М. Изучение химических изменений компонентов древесины при изготовлении лигноуглеводных древесных пластиков.— В сб.: Древесные плиты и пластики.— Свердловск, 1973, вып. 30.

5. Петри В. Н., Ананьин П. И. Тепловая сушка и равновесная влажность древесины.— Промышленно-экономический бюллетень Свердловского совнархоза, 1960, № 8.

6. Клеточная стенка древесины и ее изменения при химическом воздействии. Под ред. акад. В. Н. Сергеевой.— Рига, 1972.

7. Вахрушева И. А., Скорняков Н. Н. Изучение структурных изменений плитных лигноуглеводных древесных пластиков, из лиственничной стружки.— В кн.: Труды УЛТИ.— Свердловск, 1966, вып. 19.

8. Вахрушева И. А. Исследование ИК-спектров целлюлозы из исходного сырья и лигноуглеводных древесных пластиков.— В сб.: Древесные плиты и пластики.— Свердловск, 1973, вып. 30.

УДК 674.8-41:667.621.633

**Э. Н. КЫЛАСОВА**

(Уральский лесотехнический институт)

## **ВЛИЯНИЕ КАРБАМИДНОЙ СМОЛЫ НА СВОЙСТВА И УСЛОВИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЛАСТИКОВ ИЗ ОСИНОВОЙ ДРОБЛЕНКИ**

Известно [1], что из осиновой дробленки можно получать древесные пластики с пределом прочности при статическом изгибе 17,0 МПа и разбуханием по толщине за 24 ч 10-15% при давлении 2,5 МПа и температуре горячего прессования 175-180°C.

Как показывает опыт работы Херсонского целлюлозно-бумажного завода, изготавливающего указанные пластики, температура их прессования высока, поэтому возникают трудности получения пара требуемого давления. Возникла необходимость изыскать возможность снизить температуру горячего прессования. Снижение температуры, к тому же, позволит за счет уменьшения времени охлаждения несколько сократить цикл прессования и повысить производительность прессов.

Проведенные ранее исследования [2, 3] свидетельствуют о возможности получения высококачественного материала при невысоких температурах прессования (140°C) путем добавления к пресс-материалу карбамидной смолы низкой концентрации (10—15%), причем, лиственное сырье требует повышенного в сравнении с хвойным расхода смолы. В данной работе был использован описанный прием.

В качестве объекта исследования была выбрана осиновая дробленка, поступающая с Херсонского ЦБК и карбамидная смола УКС 10-15% концентрации, которая вводилась в дробленку после просушивания последней в сушилке с «кипящим слоем».

Горячее прессование пластиков размером 550×550 мм при температурах 140, 155, 170°C проводилось на прессе П-474 при